

Sistem Depurasi Otomatis pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) untuk Menunjang Keamanan Pangan

*Automatic Depuration System for Green Mussels (*Perna viridis*) to Support Food Safety*

Syalahuddin Abdul Aziz Syah
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Gresik
Gresik, Indonesia
syalahuddinaziz@gmail.com

Yoedo Ageng Suryo
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Gresik
Gresik, Indonesia
mryoedo@umg.ac.id

Diterima : Novembar 2024
Disetujui : Novembar 2024
Dipublikasi : Januari 2025

Abstrak— Tingginya kandungan logam berat pada kerang hijau mendorong pengembangan sistem depurasi yang efektif. Otomatisasi sistem depurasi menjadi solusi krusial untuk mengoptimalkan efisiensi dan efektivitas, baik dari aspek pemanfaatan sumber daya alam maupun sumber daya manusia. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem depurasi otomatis menggunakan mikrokontroler ESP-32 yang diintegrasikan dengan filter digital EMA (*Exponential Moving Average*) dan LPF (*Low Pass Filter*) untuk meningkatkan stabilitas pembacaan sensor. Parameter kualitas air yang dipantau meliputi suhu (DS18B20), pH (4502C), TDS (V1.0), dan salinitas. Data pengukuran ditampilkan secara *real-time* melalui LCD I2C dan disimpan dalam SD Card untuk pencatatan berkelanjutan. Pengujian sistem dilakukan selama 24 jam dengan fokus pada evaluasi kinerja sensor dan aktivitas pompa. Hasil penelitian menunjukkan sistem depurasi otomatis beroperasi sesuai dengan parameter yang ditetapkan tanpa penyimpangan. Tingkat akurasi sensor terbukti tinggi dengan persentase *error* yang rendah; suhu (0,34%), pH (2,02%), TDS (0,91%), dan salinitas (5,92%). Implementasi sistem ini menghasilkan tingkat kelulushidupan kerang yang mencapai 95%, membuktikan efektivitas sistem dalam proses depurasi kerang hijau.

Kata Kunci—Kerang Hijau; Depurasi Otomatis; Kualitas Air; Filtrasi Resirkulasi

Abstract—The high content of heavy metals in green mussels necessitates the development of an effective depuration system. Automation of the depuration system becomes a crucial solution to optimize efficiency and effectiveness, both in terms of natural and human resource utilization. This research aims to develop an automated depuration system using an ESP-32 microcontroller integrated with digital filters EMA (*Exponential Moving Average*) and LPF (*Low Pass Filter*) to enhance sensor reading stability. The monitored water quality parameters include temperature (DS18B20), pH (4502C), TDS (V1.0), and salinity. Measurement data is displayed in *real-time* through LCD I2C and stored in an SD Card for continuous recording. System testing was conducted for 24 hours, focusing on sensor performance evaluation and pump activity. The results showed that the automated depuration system operated according to the set parameters without deviation.

The sensors demonstrated high accuracy with low error percentages: temperature (0.34%), pH (2.02%), TDS (0.91%), and salinity (5.92%). Implementation of this system resulted in a high mussel survival rate of 95%, proving its effectiveness in the green mussel depuration process.

Keywords—Green Mussels; Automatic Depuration; Water Quality; Recirculation Filtration

I. PENDAHULUAN

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu komoditas sumber daya perairan yang memiliki potensi tinggi di Indonesia [1]. Hasil riset menunjukkan bahwa sebanyak 8.065,3 ton kerang hijau telah diproduksi pada tahun 2018 atau setara dengan 8.904,76 m³ yang perlu dikelola [2]. Jumlah produksi kerang hijau yang begitu banyak menjadikan kota Gresik sebagai penghasil kerang hijau terbanyak di Jawa Timur.

Kerang hijau merupakan *filter feeder*, yang artinya untuk mendapatkan asupan makanan, kerang hijau akan menyaring partikel-partikel yang terkandung pada air, sehingga berbagai partikel yang merugikan juga akan masuk di dalam tubuh kerang hijau. Habitat kerang hijau terdapat pada muara, pantai, dan daerah mangrove yang memiliki lumpur berpasir serta salinitasnya tidak terlalu tinggi [1]. Akumulasi partikel maupun logam berat pada kerang hijau dipengaruhi oleh limpasan air, musim, aktivitas manusia, dan tempat melekat (*spatfall*) kerang hijau [3]. Paparan logam berat yang mencemari kerang hijau diprediksi semakin lama akan mempengaruhi minat masyarakat terhadap konsumsi kerang hijau [4]. Ditambah dengan tingkat kesadaran masyarakat terhadap kandungan suatu makanan juga semakin tinggi. Isu keamanan pangan pada kerang hijau mulai banyak dibahas dan menjadi bahan pertimbangan masyarakat untuk mengkonsumsi kerang hijau. Tercatat bahwa kandungan rata-rata timbal (Pb) yang ada pada kerang hijau di Kabupaten Gresik yaitu sebesar 0,7 ppm [5]. Meskipun angka ini masih dalam batas standart oleh BPOM yaitu 1,5 ppm, namun jika

kandungan Pb ini dikonsumsi dalam jumlah yang banyak dan sering, maka dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti kerusakan saraf otak, kejang-kejang, koma, hingga kematian [6].

Untuk mengatasi isu tersebut, maka diperlukan solusi untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kandungan logam berat pencemar. Salah satu cara untuk mengurangi kandungan logam pencemar adalah dengan sistem depurasi. Depurasi merupakan sebuah teknologi yang mulai dikembangkan dan digunakan pada dunia perikanan untuk meluruhkan kandungan logam berat maupun bakteri atau mikroba yang ada pada kerang hijau [7]. Proses depurasi dilakukan saat kerang masih dalam keadaan hidup pasca panen dengan cara penggelontoran air bersih pada kerang [8].

Depurasi dengan sistem resirkulasi dinilai cukup efektif untuk meluruhkan kandungan Pb yang ada pada kerang hijau [5]. Sistem depurasi resirkulasi saat ini masih menggunakan pengontrolan dan pemantauan secara manual, hal ini tentu membutuhkan waktu dan tenaga yang ekstra yang menjadi faktor penghambat dalam efisiensi pemberdayaan Sumber Daya Manusia (SDM). Implementasi teknologi perlu diterapkan agar dapat memaksimalkan potensi SDM dan Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah.

Otomatisasi sistem depurasi kerang hijau dilakukan agar sistem berjalan lebih efektif dan efisien dengan tetap melakukan kontrol kualitas air seperti suhu, pH, TDS (*Total Dissolved Solid*), dan salinitas. Parameter kualitas air yang optimal seperti suhu (23-33 °C), pH (7-12), TDS (500-30.000 ppm), dan salinitas (15-45 ppt) menjadi salah satu faktor keberhasilan depurasi [9], [10]. Sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi dirancang untuk mengikuti standar kualitas air yang ditentukan, sehingga apabila terjadi anomali pada kualitas air, maka sistem akan melakukan *action* untuk mengganti air secara otomatis hingga parameter kualitas air sesuai dengan standar. Kontrol siklus depurasi secara otomatis sangat diperlukan untuk mengurangi tenaga manusia dalam mengganti air dan mengalirkan air, sehingga tidak lagi memerlukan campur tangan manusia selama berjam-jam hanya untuk mengatur siklus dan mengukur kualitas air. Kontrol kualitas air memiliki peranan penting bagi kerang hijau karena dapat mempengaruhi tingkat kelulushidupan kerang hijau itu sendiri [11]. Kelulushidupan kerang merupakan salah satu indikator penting dalam menilai keberhasilan proses depurasi, karena tingkat kelulushidupan yang tinggi menunjukkan bahwa depurasi berjalan dengan optimal tanpa adanya tekanan berlebih pada kerang [12]. Kelulushidupan yang optimal pada penelitian sebelumnya adalah 90% [5], [7].

Penelitian mengenai depurasi kerang banyak dilakukan, beberapa diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Aminin (2020) yang membahas tentang depurasi filtrasi resirkulasi [4], Aminin (2021) membahas mengenai penurunan logam berat, Santoso (2023) membahas mengenai efektivitas filter depurasi dengan menggunakan serbuk cangkang kerang [7], Pratiwi (2019) meneliti tentang evaluasi depurasi pada bakteri kerang darah. Penelitian mengenai sensor kualitas air antara lain; Nur'aeni Latekeng (2024) yang membahas monitoring kualitas air sungai dengan sensor suhu, TDS, dan pH [13]. Penelitian yang dilakukan oleh Imam Abdul Rozaq (2019) membahas tentang kualitas air dengan menggunakan sensor salinitas [14]. Adi Santoso (2020) yang melakukan penelitian tentang monitoring

kualitas air bagi organisme laut dengan parameter sensor DO (*Dissolved Oxygen*), suhu, dan salinitas [15]. Penelitian kualitas air juga dilakukan oleh Muhammad Faizal Akbar (2023) sebagai kontrol kualitas air pada tambak udang menggunakan *fuzzy logic* [16]. Akan tetapi, belum ada penelitian sebelumnya yang mengombinasikan antara sistem depurasi yang diotomatiskan dan dilengkapi dengan sensor kualitas air. Peneliti dalam hal ini membuat sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi yang menggunakan 4 jenis sensor yaitu sensor suhu, pH, TDS, dan salinitas untuk mengontrol kualitas air laut selama proses depurasi berjalan. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP-32 yang nantinya akan dipasangkan dengan filter digital EMA (*Exponential Moving Average*) dan LPF (*Low Pass Filter*) agar pembacaan sensor lebih stabil.

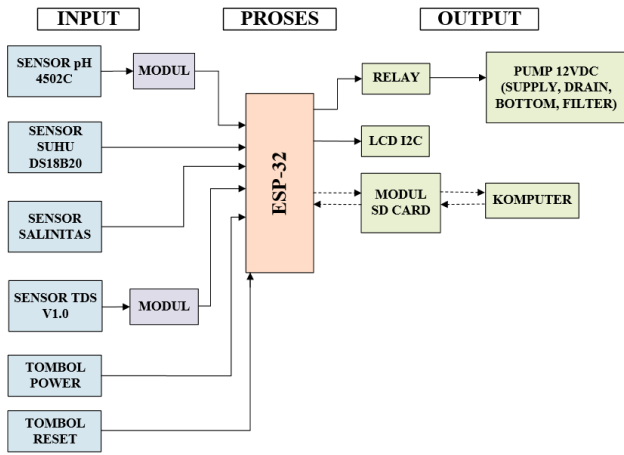
II. METODE

Metode penelitian yang digunakan berupa eksperimen dengan tahapan perancangan sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi, perancangan *hardware*, kalibrasi sensor, uji sistem dan keakuratan sensor, sekaligus analisis data sensor kualitas air seperti suhu, pH, TDS, dan salinitas, serta kerang hasil depurasi. Pengujian sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi dilakukan selama ± 24 jam dan 4 kali perulangan, dengan mengacu pada sistem depurasi konvensional yang terbukti efektif dalam menurunkan logam berat selama 24 jam [4], [5]. Penelitian lain juga menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara depurasi dengan waktu 24 jam dan 48 jam [17].

Perancangan Sistem Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

a. Diagram Blok Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

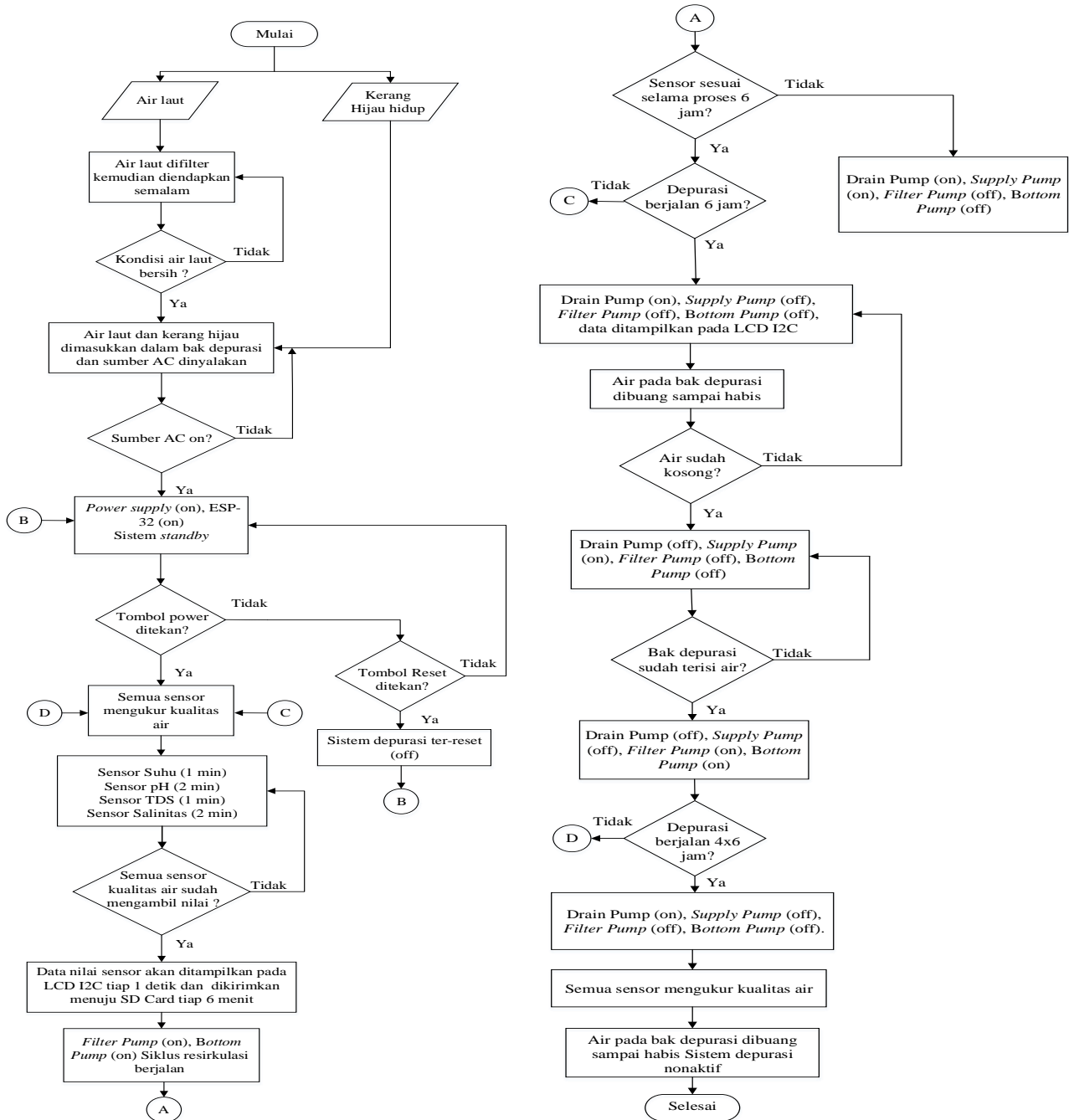
Sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ESP-32, sensor pH 4502C, suhu DS18B20, TDS V1.0, dan Salinitas sebagai kontrol parameter kualitas air, serta pompa DC 12V sebagai aktuator. Semua komponen tersebut digunakan untuk memudahkan dalam melakukan kontrol sistem depurasi serta monitoring kualitas air, Sistem depurasi ini juga dilengkapi dengan modul SD Card untuk pencatatan data, dan pembacaan sensor akan ditampilkan menggunakan LCD I2C. Dalam sistem depurasi ini terdapat 3 tahapan penting yaitu input, proses, dan output sebagaimana dapat dilihat pada blok diagram Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

b. Flowchart Prinsip Kerja Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

Prinsip kerja sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi dapat dilihat pada Gambar 2. Depurasi ini menggunakan siklus sebanyak 4x6 jam dimana tiap 1 siklus akan dilakukan pergantian air laut secara menyeluruh dan dilakukan pengukuran kualitas air sebelum dan sesudah pergantian air laut, proses ini akan berlangsung hingga 4 kali. Data yang terukur oleh sensor akan dikirimkan dan disimpan pada modul SD Card. Untuk mengoptimalkan sistem depurasi otomatis ini, maka digunakan filter dengan susunan pasir silica, *manganese greensand*, *calgon carbon*, dan *ferolite tohkemy* yang terbukti efektif dalam mengurangi kadar mangan, kekeruhan dan bau [18]



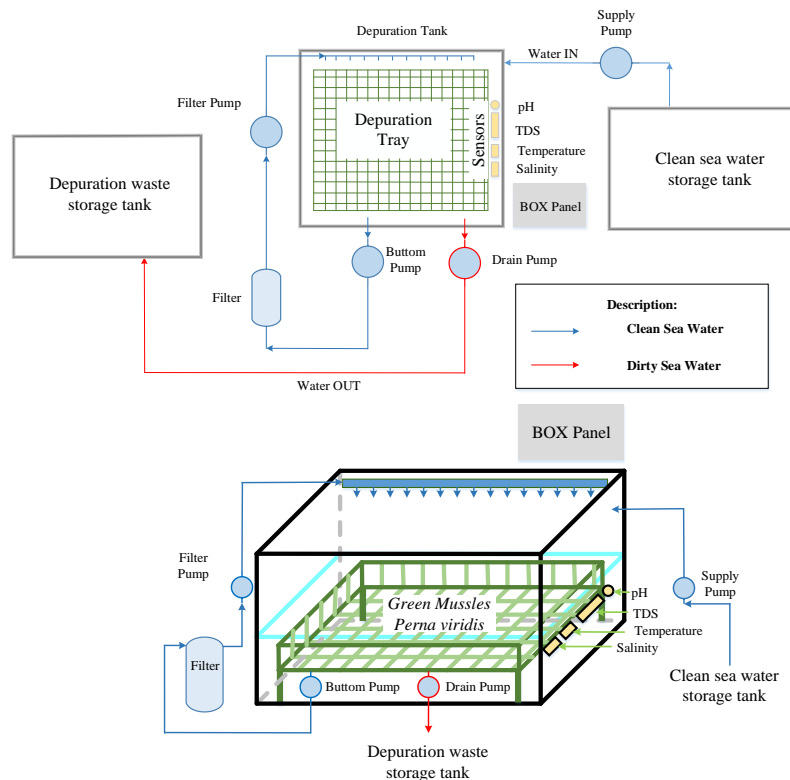
Gambar 2. Flowchart Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

Perancangan Hardware

Perancangan hardware terbagi menjadi dua bagian yaitu desain *layout* dan skematik rangkaian. Desain *layout* digunakan dalam perancangan peletakan komponen sekaligus alat dan bahan yang digunakan. Perancangan skematik digunakan untuk mengetahui *wiring* (pengkabelan) yang digunakan dalam proses perakitan *box panel*, semua komponen elektronika yang digunakan akan dirangkai sesuai dengan spesifikasi komponen tersebut.

a. Desain *Layout*

Dalam desain *layout* sistem depurasi otomatis filtrasi resirkulasi pada Gambar 3, mengacu pada sistem depurasi konvensional di Universitas Muhammadiyah Gresik. Ukuran bak depurasi yang digunakan dalam penelitian berukuran 50 cm x 40 cm x 32 cm, sedangkan *tray* yang digunakan berukuran 45 cm x 35 cm x 5 cm dan terbuat dari bahan kayu yang dianyam sehingga tidak menyebabkan karat. Desain *layout* depurasi otomatis filtrasi resirkulasi ini menggunakan 4 pompa DC yaitu *filter pump*, *drain pump*, *supply pump*, dan *bottom pump*. Pemasangan sensor diletakkan pada sisi kanan bak depurasi dan diberi penyangga agar posisinya tidak berubah. Ujung sensor selalu diposisikan agar tercelup air untuk mendapatkan pembacaan yang akurat.

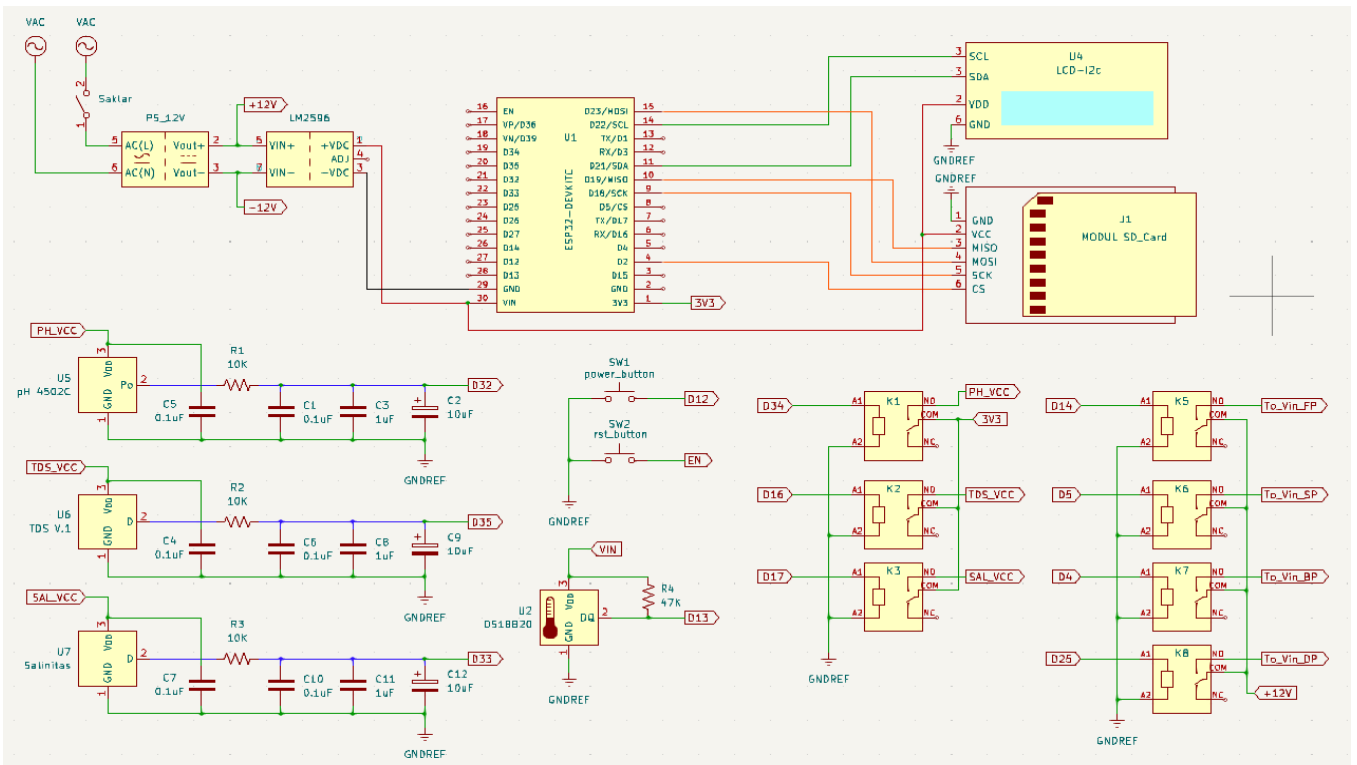


Gambar 3. Desain *Layout* Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

b. Skematik Rangkaian

Dalam skematik rangkaian depurasi otomatis filtrasi resirkulasi yang ditunjukkan oleh Gambar 4, semua sensor analog yang digunakan seperti pH, TDS, dan Salinitas diberikan LPF bertingkat untuk meredam *noise* [19] dan kapasitor *decoupling* untuk menstabilkan tegangan dari *power supply* sekaligus menghilangkan tegangan liar [20]. Tegangan *input* pada sensor analog akan dikontrol menggunakan relay untuk memastikan sensor agar aktif saat pengukuran saja, hal ini dilakukan agar dapat mengurangi interferensi dari *output* maupun sesama input sensor analog karena diposisikan pada tempat yang sama dan dengan jarak yang berdekatan. Untuk memastikan kembali bahwa tidak interferensi, sensor akan aktif secara bergantian. Tegangan yang digunakan pada sistem depurasi ini ada 4 macam yaitu tegangan 220 VAC sebagai *input power supply*, tegangan 12

VDC sebagai input pada pompa DC, tegangan 5 VDC sebagai input sensor, LCD serta modul SD, dan tegangan 3,3 VDC sebagai tegangan kerja ESP-32



Gambar 4. Skematik Rangkaian Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Depurasi Otomatis filtrasi resirkulasi ini dilakukan dengan mengalirkan air laut secara bertahap melalui selang yang sebelumnya sudah dilubangi. Hal ini membuat pasokan oksigen pada kerang akan tetap terjaga dan suhu air juga tetap stabil. Sebelum air laut dialirkan, terlebih dahulu dimasukan ke dalam filter untuk menyaring kembali kotoran ataupun

Hasil Desain Depurasi Otomatis

Hasil desain depurasi filtrasi resirkulasi Hasil dari desain depurasi otomatis filtrasi resirkulasi ditunjukkan pada

partikel yang sebelumnya sudah dikeluarkan oleh kerang hijau melalui feses maupun urine. Adanya filter 4 lapis ini, air laut yang dialirkan melalui selang akan selalu dalam kondisi yang baik, sehingga kerang hijau dapat tetap hidup. Tray yang digunakan mampu menampung 120-150 ekor kerang hijau. Pada *box panel* terdapat LCD I2C sebagai monitoring kualitas air, tombol power berwarna hijau untuk *start/stop*, dan tombol *reset* berwarna biru.

Gambar 5. Pada Gambar 6 menunjukkan proses resirkulasi kerang hijau sedang berjalan.



Gambar 5. Hasil Desain Depurasi Otomatis Filtrasi Resirkulasi



Gambar 6. Proses Resirkulasi

Kalibrasi dan Pengujian Sensor

Kalibrasi sensor perlu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian sensor dengan alat ukur pembanding sebenarnya (kalibrator). Semua sensor harus dilakukan kalibrasi agar pembacaannya lebih akurat, sehingga meminimalisir *error* ataupun selisih yang berlebihan.

a. Sensor suhu DS18B20

Kalibrasi sensor suhu DS18B20 perlu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara sensor suhu dengan alat ukur pembanding yaitu termometer digital. Sensor suhu DS18B20 mampu digunakan pada kondisi berair karena sudah

dilengkapi dengan segel [21]. Sensor ini berjenis sensor digital dan memiliki resolusi pembacaan suhu dengan rentang 9 hingga 12-bit [22]. sehingga selisih pembacaannya rata-rata akan selalu sama jika dibandingkan dengan thermometer. Setelah dilakukan kalibrasi secara matematis pada program arduino IDE, didapatkan hasil pengujian sensor suhu DS18B20 yang dapat dilihat pada tabel 1.

Untuk mencari *error* pada tabel 1 digunakan rumus matematis sebagai berikut:

$$Error (\%) = \frac{|Alat\ ukur\ standar - Nilai\ Sensor|}{Alat\ ukur} \times 100 \quad (1)$$

Untuk mencari akurasi sensor pada tabel 1 digunakan rumus matematis sebagai berikut:

$$Accuracy = 100\% - Error (\%)(2)$$

Setelah dilakukan kalibrasi, diketahui bahwa sensor suhu memiliki rata-rata *error* yang kecil yaitu sebesar 0,34% dan rata-rata *accuracy* yang tinggi mencapai 99,66%. Hal ini selaras dengan pernyataan bahwa sensor suhu DS18B20 memiliki *error* yang kecil sebesar 1,92% dan akurasi yang tinggi sebesar 98,08% [13]. Pada penelitian ini, akurasi sensor suhu DS18B20 dapat lebih baik karena penerapan filter digital EMA dengan sampling sebanyak 100 data.

TABEL 1. KALIBRASI SENSOR SUHU DS18B20

No	Digital Thermometer (°C)	Temperature Sensor (°C)	Error (%)	Accuracy (%)
1	27,1	27,2	0,37	99,63
2	27,2	27,3	0,37	99,63
3	27,3	27,4	0,37	99,63
4	28	28,1	0,36	99,64
5	28,4	28,5	0,35	99,65
6	29,6	29,8	0,68	99,32
7	30,7	30,8	0,33	99,67
8	30,8	31	0,65	99,35
9	31,6	31,7	0,32	99,68
10	34,9	34,9	0,00	100,00
11	35,7	35,7	0,00	100,00
Average			0,34	99,66

b. Sensor pH 4502C

Dari tabel 2, hasil kalibrasi sensor pH 4502C dengan pH meter menunjukkan bahwa pada masing-masing larutan (asam, netral, basa) memiliki tegangan yang berbeda, dimana pH 7 memiliki tegangan 2,5V, pH 4 memiliki tegangan >2,5V, dan pH 9 memiliki tegangan <2,5V. Rentang tegangan tersebut nantinya akan digunakan untuk kalibrasi sensor pH secara *coding software* menggunakan EMA yang sebelumnya telah disampling sebanyak 100 data untuk menentukan keakuratan pembacaan sensor pH. Selain itu, diterapkan pula LPF dan kapasitor *decoupling* pada sensor pH untuk mengurangi *noise* ataupun interferensi dengan komponen lainnya. Sensor pH yang digunakan memiliki rata-rata *error* sebesar 2,02% dan rata-rata akurasi sebesar 97,98% hal ini menunjukkan bahwa kalibrasi yang dilakukan sebelumnya telah berhasil. Penerapan EMA membuat nilai pembacaan sensor lebih *smooth* dan tidak berfluktuasi. Hasil pengujian dengan sensor pH yang sama yaitu pH 4502C memperoleh akurasi 97,5% dan *error* sebesar 2,5% [23]. Akurasi lainnya sebesar 95%-97% [24]

TABEL 2. KALIBRASI SENSOR PH 4502C

No	pH Meter	pH Sensor	Error (%)	Accuracy (%)
1	4,01	4,28	6,73	93,27
2	6,86	6,89	0,44	99,56
3	9,18	8,97	2,29	97,71
4	8,47	8,54	0,83	99,17
5	7,46	7,35	1,47	98,53
6	9,27	9,41	1,51	98,49
7	9,19	9,35	1,74	98,26
8	9,13	9,27	1,53	98,47
9	9,21	9,36	1,63	98,37
Average			2,02	97,98

c. Sensor TDS V1.0

Kalibrasi sensor TDS dilakukan dengan cara membandingkan nilai TDS sensor dengan TDS meter. Nilai yang terukur pada TDS meter akan dimasukkan kedalam kode program yang sudah terintegrasi dengan EEPROM, sehingga kalibrasi yang dilakukan dapat lebih cepat. Sama seperti kalibrasi pada sensor pH, kalibrasi sensor TDS ini juga menggunakan EMA dengan sampling data sebanyak 100 kali. Tabel 3 menunjukkan bahwa setelah dilakukan kalibrasi, tingkat rata-rata akurasi sensor TDS sangat tinggi hingga mencapai 99,09% sedangkan *error*nya hanya sebesar 0,91%. pengujian sensor TDS sebelumnya pernah dilakukan dengan *error* sebesar 2,11% dan akurasi sebesar 97,89% [25]. Tingginya akurasi pada penelitian ini dikarenakan adanya EMA dan LPF untuk mengurangi *noise* serta kapasitor *decoupling* untuk menstabilkan tegangan *input* yang masuk pada sensor TDS.

TABEL 3. KALIBRASI SENSOR TDS V1.0

No	TDS Meter (ppm)	TDS Sensor (ppm)	Error (%)	Accuracy (%)
1	470	463	1,49	98,51
2	500	482	3,60	96,40
3	885	892	0,79	99,21
4	1050	1053	0,29	99,71
5	1057	1070	1,23	98,77
6	9500	9530	0,32	99,68
7	9700	9750	0,52	99,48
8	9520	9560	0,42	99,58
9	9600	9610	0,10	99,90
10	9550	9580	0,31	99,69
Average			0,91	99,09

d. Sensor Salinitas

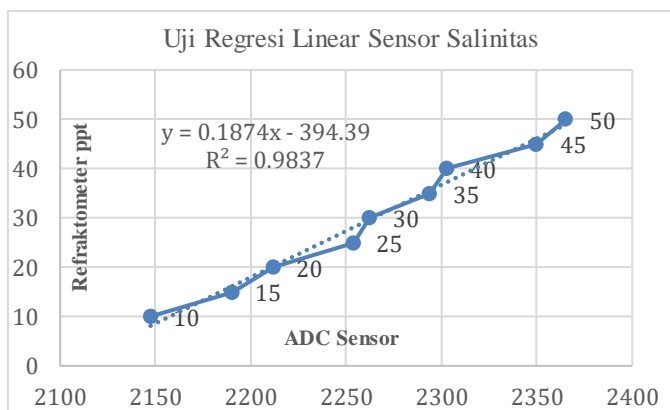
Kalibrasi sensor salinitas ini menggunakan air yang diberi garam untuk mencapai nilai salinitas tertentu, sample yang digunakan yaitu 10 ppt hingga 50 ppt. Nilai ADC dari sensor salinitas akan dilakukan uji regresi linear dengan nilai salinitas yang terukur pada refraktometer menggunakan Microsoft Excel. Grafik yang dihasilkan dari uji regresi linear akan menunjukkan persamaan y, R2, dan titik persebaran data yang linear. Grafik uji regresi dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai $y = 0,187x - 394,39$ yang dihasilkan dari uji regresi akan digunakan untuk melakukan kalibrasi pada kode program. R2 bernilai 0,9837 menunjukkan data yang sesuai, hal ini diperkuat dengan adanya persebaran data yang cenderung linear. Proses kalibrasi pada masing-masing sample dilakukan sebanyak 3 kali uji dengan waktu yang sama sebesar 2 menit, hal ini dilakukan untuk mengurangi

floating pada pembacaan sensor salinitas sehingga mengurangi error yang dihasilkan sensor [23].

Dari tabel 4, dapat diambil kesimpulan bahwa sensor salinitas memiliki tingkat akurasi sebesar 94,08% dan error sebesar 5,92%. Pada penelitian sebelumnya sensor salinitas ini memiliki akurasi sebesar 90,26% dan error sebesar 9,74% [13]. Dalam penelitian ini, sensor salinitas yang digunakan dilengkapi dengan LPF dan kapasitor decoupling untuk mengurangi noise dan interferensi komponen lainnya, selain itu filter digital EMA juga diterapkan untuk menstabilkan hasil pembacaan sensor salinitas.

TABEL 4. KALIBRASI SENSOR SALINITAS

No	Refrakto meter (ppt)	ADC Test Salinity Sensor (ppt)			Avera ge ADC	Error (%)	Accuracy (%)
		Uji 1	Uji 2	Uji 3			
1	10	2147	2145	2150	2147,33	19,80	80,20
2	15	2184	2192	2194	2190	6,77	93,23
3	20	2212	2210	2213	2211,67	0,38	99,62
4	25	2247	2255	2259	2253,67	11,79	88,21
5	30	2269	2265	2253	2262,33	1,43	98,57
6	35	2290	2297	2295	2294	1,44	98,56
7	40	2303	2302	2303	2302,67	7,18	92,82
8	45	2349	2351	2350	2350	2,22	97,78
9	50	2368	2363	2365	2365,33	2,25	97,75
Average						5,92	94,08



Gambar 7. Grafik Uji Regresi Linear Sensor Salinitas

Hasil Pengujian Alat

Hasil pencatatan data pada SD card seperti pada Tabel 6, merupakan pencatatan data langsung dari sensor dan juga output pompa yang terjadi selama proses depurasi berlangsung. Pencatatan data ini dilakukan setiap 6 menit sekali dengan total 251 data. Tabel 7 menunjukkan uji kejut suhu pada saat depurasi berjalan, sehingga *action* pada SP dan DP aktif ketika terjadi anomali pada suhu yang terlalu tinggi.

Pengujian alat depurasi otomatis filtrasi resirkulasi ini dilakukan selama 4x6 jam, dengan alokasi waktu 6 jam proses resirkulasi, 1,5 menit proses drain, 2 menit proses filling, dan 6 menit pengukuran sensor. depurasi ini dilakukan pada 121 ekor kerang hijau yang kondisinya masih hidup. Pengukuran sensor dilakukan pada awal dan akhir tiap siklus resirkulasi, data sensor dan kondisi output akan dikirimkan ke modul SD card untuk dilakukan pencatatan

data tiap 2 menit. Depurasi ini dimulai pukul 20.21 WIB dan berakhir keesokan harinya pukul 21.16 WIB.

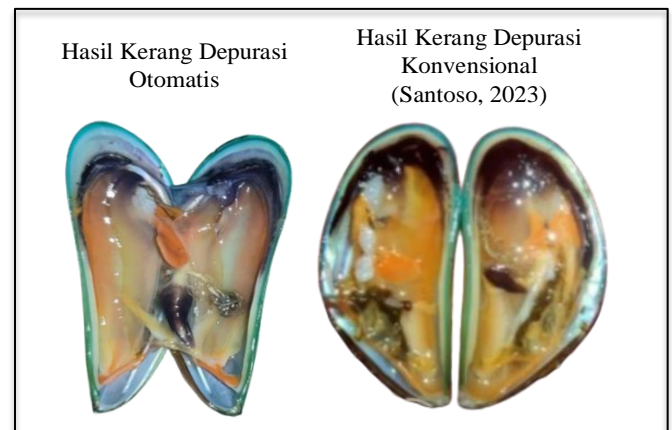
Hasil pengujian depurasi otomatis filtrasi resirkulasi menunjukkan bahwa semua sensor kualitas air dapat bekerja secara optimal dan sesuai dengan standar alat ukur. Tercatat sebanyak 4 ekor kerang hijau mati pada proses resirkulasi pertama dan 2 ekor kerang hijau mati setelah proses resirkulasi ke 2. Sehingga dengan menggunakan alat depurasi otomatis filtrasi resirkulasi ini, kelulushidupan kerang hijau menjadi 95%, jika dibandingkan dengan hasil depurasi konvensional di Universitas Muhammadiyah Gresik yang memiliki kelulushidupan sebesar 90%, kelulushidupan depurasi otomatis ini lebih baik 5%.

Selama proses depurasi berlangsung, parameter kualitas air mengacu standar pada Tabel 5, dan dihasilkan kualitas air yang sesuai dengan standar yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil kerang depurasi otomatis memiliki persamaan dengan kerang hasil depurasi konvensional dari segi tampilan fisik yang dapat dilihat pada gambar 8. Keduanya memiliki tampilan daging yang bersih Hal ini dikarenakan kerang selalu mendapatkan *supply* air yang bersih selama ±24 jam yang membuat kerang dapat bermetabolisme sehingga kotoran yang ada pada kerang hijau dapat luruh bersamaan dengan air.

TABEL 5. STANDAR PARAMETER KUALITAS AIR

No	Parameter	Standar	Satuan	Sumber
1	Suhu	23-33	°C	[9]
2	pH	7-12	-	[9]
3	TDS	500-30.000	ppm	[10]
4	Salinitas	15-45	ppt	[26]



Gambar 8. Persamaan Bentuk Fisik Kerang Hijau Hasil Depurasi Otomatis dengan Hasil Depurasi Konvensional

TABEL 6. PENCATATAN DATA TIAP SIKLUS

Tanggal	Waktu	Suhu	pH	TDS	Salinitas	SP*	FP**	BP***	DP****	Proses
17/10/2024	20:21:56	29.80	8.47	9530.53	34.90	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Awal
17/10/2024	20:27:56	29.80	8.47	9530.53	34.90	OFF	ON	ON	OFF	Resirkulasi 1
18/10/2024	02:28:07	29.80	9.15	8943.12	34.90	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Akhir
18/10/2024	02:32:07	29.80	9.15	8943.12	34.90	OFF	OFF	OFF	ON	Drain
18/10/2024	02:34:07	27.61	9.15	8943.12	33.72	ON	OFF	OFF	OFF	Filling
18/10/2024	02:40:07	27.42	9.41	9750.77	34.65	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Awal
18/10/2024	02:46:07	27.42	9.41	9750.77	34.65	OFF	ON	ON	OFF	Resirkulasi 2
18/10/2024	08:46:14	27.28	7.35	9556.83	34.65	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Akhir
18/10/2024	08:48:14	27.28	7.35	9556.83	34.65	OFF	OFF	OFF	ON	Drain
18/10/2024	08:50:14	27.28	7.35	9556.83	34.65	ON	OFF	OFF	OFF	Filling
18/10/2024	08:52:14	27.28	7.35	9550.54	34.65	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Awal
18/10/2024	08:58:14	27.24	7.35	9560.94	34.65	OFF	ON	ON	OFF	Resirkulasi 3
18/10/2024	14:58:22	27.24	7.35	9500.70	34.40	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Akhir
18/10/2024	15:04:22	28.80	9.35	9570.40	34.40	OFF	OFF	OFF	ON	Drain
18/10/2024	15:06:22	28.80	9.35	9570.40	34.40	ON	OFF	OFF	OFF	Filling
18/10/2024	15:10:22	30.86	9.35	9610.73	34.10	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Awal
18/10/2024	15:16:23	30.80	9.36	9610.73	34.10	OFF	ON	ON	OFF	Resirkulasi 4
18/10/2024	21:16:31	28.05	9.27	9580.34	33.26	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengukuran Akhir

TABEL 7. PENCATATAN DATA SAAT SUHU AIR TIDAK SESUAI STANDAR

Tanggal	Waktu	Suhu	Ph	TDS	Salinitas	SP*	FP**	BP***	DP****	Keterangan
23/10/2024	11:07:37	30.80	8.30	9530.33	34.90	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:09:37	30.80	8.30	9530.33	34.90	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:11:37	30.80	8,30	8943.27	34.90	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:13:37	35.27	8.27	8943.27	34.90	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:15:37	35.32	8.27	8943.27	33.72	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:17:37	32.42	8.27	9749.20	34.65	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:19:37	30.40	8.27	9749.20	34.65	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:21:37	30.10	8.27	9749.20	34.65	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:23:37	37.28	8.31	9550.54	34.65	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:25:37	37.60	8.31	9550.54	34.65	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:27:37	37.76	8.31	9550.54	34.65	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:29:37	34.03	8.30	9550.54	34.65	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:31:37	31.07	8.30	9560.71	34.40	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:33:37	30.36	8.30	9560.71	34.40	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:35:37	40.57	8.30	9560.71	34.40	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:37:37	35.87	8.22	9560.71	34.10	ON	ON	ON	ON	Suhu Abnormal
23/10/2024	11:39:37	31.60	8.22	9561.13	34.10	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal
23/10/2024	11:41:37	30.80	8.22	9561.13	33.26	OFF	ON	ON	OFF	Suhu Normal

Keterangan : *Supply Pump, **Filter Pump, ***Buttom Pump, ****Drain Pump

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan kandungan logam berat pada kerang hijau di Gresik serta keterbatasan sistem depurasi konvensional, dikembangkan sistem depurasi otomatis dengan empat parameter pengukuran (Suhu, pH, TDS, dan Salinitas). Sistem mencapai tingkat *error* yang rendah, (0,34%, 2,02%, 0,91%, dan 5,92%) melalui implementasi filter digital EMA dan LPF sebagai peredam *noise* serta

pemasangan kapasitor *decoupling* sebagai penstabil tegangan. Sistem berhasil mempertahankan kualitas air dengan melakukan pergantian air secara otomatis saat terjadi anomali, menghasilkan tingkat kelulushidupan kerang hijau optimal sebesar 95%. Tingkat kematian rendah, yaitu dari 121 ekor kerang hijau yang dilakukan proses depurasi, 6 ekor diantaranya mati sebelum siklus berakhir, sehingga kelulushidupan kerang menjadi 95% atau sebanyak 115 ekor

kerang hijau masih bertahan hingga proses depurasi selesai dilakukan. Secara keseluruhan alat

REFERENSI

- [1] R. Fauzi and N. M. Safitri, "Analisis Biometri Dan Struktur Populasi Kerang Hijau (Perna Viridis) Dalam Bagan Tancap Di Pantai Banyuurip Kecamatan Ujungpangkah Kabupaten Gresik Analysis Of Biometry And Population Structure Of Green Mussel (Perna Viridis) In Stake Culture In Banyu," *J. TECHNO-FISH*, vol. VI (1), pp. 67–82, 2021.
- [2] A. Kurniawati, "Pengelolaan Limbah Cangkang Kerang Dengan Pendekatan Analisis Stakeholders (Studi Kasus: Desa Banyuurip, Mojoasem Dan Ngawen, Kabupaten Gresik)," Universitas Diponegoro Semarang, 2021. [Online]. Available: <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/21383/2/1-Pendahuluan.pdf>
- [3] S. Salsabilah, "Analisis Ekologi Kerang Hijau (Perna viridis (Linnaeus, 1758) sebagai Bioindikator Perairan Pelabuhan Tanjung Mas, Kota Semarang," Universitas Gadjah Mada, 2022. [Online]. Available: <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/213845>
- [4] A. Aminin, A. R. Rahim, and N. M. Safitri, "Respons Teknologi Depurasi Terhadap Kadar Timbal (Pb) Dalam Kerang Hijau Hasil Pembudidayaan Di Pantai Banyuurip Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik," *J. Perikan. Pantura*, vol. 3, no. 2, p. 22, 2020, doi: 10.30587/jpp.v3i2.1948.
- [5] A. Aminin, A. R. Rahim, and S. Luthfiah, "Upaya Penurunan Logam Berat Pb Pada Kerang Hijau Untuk Meningkatkan Keamanan Pangan Prodak Unggulan Di Desa Bayuurip Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik," *J. Perikan. Pantura*, vol. 4, no. 1, p. 17, 2021, doi: 10.30587/jpp.v4i2.2453.
- [6] WHO, "Lead poisoning," World Health Organization (WHO). Accessed: Jun. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- [7] T. B. Santoso, "Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang Dalam Depurasi Kerang Hijau (Perna Viridis) Terhadap Logam Timbal, Total Bakteri Dan Bahan Organik," University of Muhammadiyah Gresik, 2023. [Online]. Available: <http://eprints.umg.ac.id/8286/4/HalamanJudul.pdf>
- [8] R. Chaerunnisa and S. U.S, "Persentase Penurunan Kadar Logam Berat Timbal pada Kerang Hijau (Perna viridis) Pasca Proses Depurasi oleh Nelayan Teluk Jakarta," *EduBiologia Biol. Sci. Educ. J.*, vol. 1, no. 2, p. 121, 2021, doi: 10.30998/edubiologia.v1i2.9573.
- [9] Rosmianto, "Studi Habitat Kerang Hijau (Perna veridis) di Perairan Danau Tanabamban Kecamatan Maratua Kabupaten Berau," *Skripsi, Univ. Borneo*, pp. 1–42, 2020.
- [10] Culligan, "TDS Tester Tips (and Why a Water Test is Better)," Culligan Water. Accessed: Nov. 01, 2024. [Online]. Available: https://www-culligan-com.translate.goog/blog/tds-tester-tips-and-why-a-water-test-is-better?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pt=to=sge&_x_tr_hist=true
- [11] E. P. Rahayu, S. Hastuti, L. L. Widowati, P. Mutlak, and P. Spesifik, "Profil Kelulushidupan dan Pertumbuhan Kerang Hijau (Perna viridis) pada Posisi Compound Structure yang Berbeda di," vol. 13, pp. 1–10, 2024.
- [12] FAO, *Technical guidance for the development of the growing area aspects of Bivalve Mollusc Sanitation Programmes*. 2021. doi: 10.4060/cb5072en.
- [13] S. Tansa, N. Latekeng, R. Yunginger, and I. Z. Nasibu, "Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekeruhan, Suhu, TDS,pH) Menggunakan Mikrokontroler Atmega328," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 70–75, 2024, doi: 10.37905/jjee.v6i1.23315.
- [14] I. Abdul rozaq, "Karakterisasi Sensor Salinitas Menggunakan Arduino Uno," *Pros. SENDU_U_2019*, vol. 21, no. 1, pp. 978–979, 2019.
- [15] A. Susanto, M. Herjayanto, W. Budiaji, and N. Fitria, "JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika) Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air untuk Pemeliharaan Organisme Laut," *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 06, no. 3, pp. 386–392, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.26418/jp.v6i3.42899>
- [16] M. F. Akbar and D. Irawan, "Sistem Kontrol Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Fuzzy Logic," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 1, p. 23, 2023, doi: 10.30595/jre.v5i1.17547.
- [17] F. D. Pratiwi, "Evaluasi Depurasi Total Bakteri Pada Kerang Darah Dari Perairan Desa Sukal, Kabupaten Bangka Barat," *JFMR-Journal Fish. Mar. Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 308–314, 2019, doi: 10.21776/ub.jfmr.2019.003.03.4.
- [18] M. Lutfi Riansyah and M. Al-Kholif, "Jurnal Teknik WAKTU Volume 18 Nomor 02 – Juli 2020 – ISSN : 1412 : 1867," *J. Tek. Waktu*, vol. 19, no. 02, pp. 24–30, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/waktu/article/view/2347>
- [19] J. Jamaludin and J. E. Bangun, "Prototype Stabilitas Kadar Air Garam Berbasis Arduino Uno (Studi Kasus : Desa Batang Kilat Medan)," *SATESI J. Sains Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2021, doi: 10.54259/satesi.v1i1.6.
- [20] B. Arifanto, A. Muhtar, and P. Prasetyawan, "Sistem Kendali Pergerakan Mobilisasi Menggunakan Gestur Tangan Pada Autonomous Robot Gun (Aro-Gun)," *Injunct. Indones. J. Vocat. Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.58466/injection.v3i1.665.
- [21] R. N. Ikhsan and N. Syafitri, "Pemanfaatan Sensor Suhu DS18B20 sebagai Penstabil Suhu Air Budidaya Ikan Hias," *Pros. Semin. Nas. Energi, Telekomun. dan Otomasi*, vol. 1, no. 1, pp. 18–26, 2021, [Online]. Available: Water Temperature Controller, DS18B20 Sensor, Arduino, Fish Culture, Betta%0ASNETO
- [22] M. R. Satriawan, G. Priyandoko, and S. Setiawidayat, "Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–17, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.16083.
- [23] A. Bachri, M. I. K. Adzim, I. Javanas, and ..., "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, pH dan Kejernihan Air Pada Kolam Ikan Air Tawar Berbasis Internet Of Things (IoT)," ... *Tek. Elektro dan ...*, 2022, [Online].

Available:

<https://journal.trunojoyo.ac.id/triac/article/view/15167>
%0Ahttps://journal.trunojoyo.ac.id/triac/article/download/15167/7168

- [24] I. Rosyidah, "Implementasi Pengolahan Citra Untuk Mendeteksi Kadar Nutrisi AB MIX Tanaman Pakcoy Hidroponik Implementation of Image Processing On Hydroponic Pakcoy Plants To Detect AB MIX Nutrient Levels," vol. 6, pp. 5–10, 2024. *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*,
- [25] B. Reforma, A. Ma'arif, and S. Sunardi, "Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut," *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 2, p. 66, 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.002.
- [26] A. Sagita, R. Kurnia, and S. Sulistiono, "Penilaian Kondisi Ekologi Perairan Untuk Pengembangan Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) DI PESISIR KUALA LANGSA, ACEH," *BAWAL Widya Ris. Perikan. Tangkap*, vol. 10, no. 1, p. 57, 2018, doi: 10.15578/bawal.10.1.2018.57-67.